

A HATODIK MARSLAKÓ – BRUNAUER ISTVÁN ÉS A BET-EGYENLET

THE SIXTH MARTIAN OF SCIENCE – STEPHEN BRUNAUER AND THE B.E.T. EQUATION

Hargittai Balázs¹, Hargittai István²

¹ PhD, egyetemi tanár, Saint Francis University, Loretto, PA, USA
bhargittai@francis.edu

² az MTA rendes tagja, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
istvan.hargittai@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Brunauer István kémikus és vegyészmérnök társalkotója volt a felületek területének meghatározására szolgáló híres BET-egyenletnek. A robbanóanyagok szakértőjeként részt vett az Egyesült Államok és a szövetségesek háborús erőfeszítéseiben. Haditengerészeti karrierje akkor ért véget, amikor Joseph McCarthy kommunistaellenes hisztériája arra kényszerítette, hogy visszatérjen a tudományos életbe. Pályája alapján Brunauer került a legközelebb ahhoz, hogy őt is „marslakónak” tekintsük.

Abstract

The chemist and chemical engineer Stephen Brunauer was a co-creator of the famous B.E.T. equation for the determination of surface areas. He contributed to the war efforts of the United States and the Allies with his expertise about high explosives. His naval career ended when Joseph McCarthy's anti-communist hysteria forced Brunauer to return to academia. He was the closest to be considered another 'Martian of Science'.

Kulcsszavak: Brunauer István, marslakók, BET-egyenlet, adszorpció, McCarthy-korszak, Burtron H. Davis

Keywords: Stephen Brunauer, Martians of Science, B.E.T. equation, adsorption, McCarthy-era, Burtron H. Davis

Őt marslakó volt, Kármán Tódor, Szilárd Leó, Wigner Jenő, Neumann János és Teller Ede. Nagyszerű tudományos pályájukat is kockára tették, amikor tehetőségüket és tevékenységüket az Egyesült Államok és a szabad világ védelmének szentelték (Hargittai, 2006; Hargittai I. – Hargittai B., 2016). Az imént kiemelt

öt név mind nemzetközileg is elismert nagy tudóstekintélyhez tartozik. Azért is hangsúlyozzuk ezt, mert más értelmezés szerint a marslakók a „magyar tudósok, akik Nyugaton alakították a 20. század történelmét” (Marx, 2000). Voltak további, a marslakókkal összemérhető nagy tudósok a magyar tudósok diaszpórájában, de esetükben nem alakult ki olyan helyzet, amelyben kockára kellett volna tenniük tudományos pályájukat, hogy erőfeszítéseiket választott új hazájuk és a *szabad világ* védelmére fordítsák. Volt, akinél majdnem előállt ez a helyzet, de végül mégsem került rá sor. Polányi Mihály a második világháborúban fegyverrel is szolgált volna, de felajánlását életkora miatt nem fogadták el. Polányi Mihály egyik, Wigner Jenővel közösen jegyzett munkája segített az atombomba elvi alapjául szolgáló maghasadás jelenségének értelmezésében. Jelentős tudományos tevékenysége mellett elismert publikációs érdemei voltak ismeretelméleti, politikai és társadalomtudományi területeken. Polányi Mihályt tiszteletbeli „marslakónak” tekintettük (Hargittai, 2016). A jelen írás szerint Brunauer István lehetne a hatodik marslakó.

Brunauer István (Stephen Brunauer, 1903–1986) alsó középosztálybeli zsidó családban született Budapesten. Középiskolai tanulmányainak befejezése után az Egyesült Államokba emigrált. Lehet, hogy nem is tervezte a magyarországi továbbtanulást, de arra éppen a zsidó hallgatók számát drasztikusan korlátozó „*numerus clausus*” törvény életbelépésének idején került volna sor. Ez a törvény nemcsak megnehezítette a zsidó fiatalok továbbtanulását, de hozzájárult az általános antiszemita légkör kialakításához is a magyar egyetemeken.

Brunauer 1921-ben érkezett New Yorkba, ott élt egy élelmiszerboltos nagybátyja. Brunauer a New York-i City College-ba, majd a Columbia Egyetemre járt. Mindkét intézmény világviszonylatban is kiváló, és számos Nobel-díjas volt diákkal büszkélkedhet – a City College már tizenhat a díjat elnyert tudóssal. Brunauer kémiaira és az angol nyelvre szakosodott. Néhány évig tagja volt a F fiatal Munkások Ligájának, amelyet a háttérből a kommunista párt irányított. 1927-ben elhagyta ezt a szervezetet, és nézeteit egész életében liberális antikommunistaként jellemezték. Kémikusi és vegyész-mérnöki diplomát szerzett, majd 1929-ben mesterdiplomát



Brunauer István
haditengerészeti tiszti egyenruhában
(Burtron H. Davis szívességéből)

a George Washington Egyetemen. Ugyanebben az évben a washingtoni Nitrogén Laboratóriumban kapott munkát. 1931-ben feleségül vette a hozzá hasonlóan liberális Esther Caukint (1901–1959). Baltimore-ba költöztek, ahol 1933-ban Brunauer PhD-vizsgát tett a Johns Hopkins Egyetemen. Doktori munkájában az adszorpciós jelenségeket kutatta. Caukin a Stanford Egyetemen szerzett PhD-fokozatot történelemből, amihez évekig ingázott Kalifornia és a keleti part között.

Brunauer következő munkahelye az amerikai Mezőgazdasági Minisztérium egyik kutatólaboratóriuma volt. Itt alakult ki hosszan tartó kapcsolata Paul H. Emmett-tel (1900–1985), aki jól ismert kutató volt a felületi kémiában. Brunauer folytatta az adszorpciós jelenségek vizsgálatát, és a felületek területének meghatározására irányuló próbálkozások különösen felkeltették az érdeklődését. Brunauer végighallgatta a George Washington Egyetemen Teller Ede kvantummechanika előadásait, megismerkedtek, és összebarátkoztak. Brunauer megbeszélte Tellerrel a kutatási eredményeit. Teller mindig nyitott volt az új problémák iránt. Ebben az esetben is egy addig tőle távol álló területtel ismerkedett meg. Saját szavai szerint (és sajátos stílusában): „ebben az időben az adszorpciót illető tudatlanságom különlegesen nagymértékű volt” (Teller, 1983, 227.).

Együttműködés alakult ki Brunauer, Emmett és Teller között, ami elvezetett a híres BET- (Brunauer–Emmett–Teller) egyenlethez (Brunauer et al., 1938). Ezt az egyenletet alkalmazzák a porszerű és finoman szétdarabolt szilárd anyagok felületi területének meghatározására. Teller a saját munkásságában is különleges jelentőséget tulajdonított ennek az eredménynek. Amikor egyikünk (H. I.) feleségével együtt 1996-ban meglátogatta, azt mondta, ha neki, Tellernek, bármiért is Nobel-díjat kellett volna kapnia, az a BET-egyenlet lett volna. Teller híres volt arról, hogy amikor interjút adott, ragaszkodott ahhoz, hogy az anyagot érdemi szerkesztés nélkül és vágatlanul közöljék. Ebben az esetben azonban kivételt tett, mert amikor elküldtük neki felvett beszélgetésünk leírt változatát, azt kérte, hogy ezt a kijelentését töröljük a megjelenő anyagból (Hargittai, 2011, 509.).

Az egyenlet lényege a következő: az adszorpció mértéke csak a felület nagyságától függ, és a felület az anyag feldarabolásával növekszik. Ha egy darab szilárd anyagot sok kisebb darabra vágunk, a teljes felület drasztikusan megnő. Például, egy hatalmas számú kisebb talajrészecskét tartalmazó maroknyi talaj teljes felülete akkora lehet, mint egy futballpályáé (Davis, 1995). A felület ismeretének fontosságát egy példával illusztráljuk. A bányászok számára a bányászat során felszabaduló metángáz életveszélyt jelent. A szénben nagy mennyiségben van kötött metán, amely a szén aprításával járó felületnövekedés során felszabadul. Sok bányász halt meg metánrobbanásban, amikor erre a veszélyre nem figyeltek, és nem biztosították a munkahelyek megfelelő szellőzését. A felszabaduló metángáz mennyiségének megbecslésére ismerni kell a létrejövő felület nagyságát. Erre szolgál a BET-egyenlet, amelynek felállítása előtt korábban már sok sikertelen próbálkozás zajlott a porózus anyagok felülete nagyságának megbízható meghatározására.



Balról egymás mellett a BET-egyenlet megalkotói, Brunauer István, Paul H. Emmett és Teller Ede, 1969-ben a Clarkson Egyetem díszdoktori címével kitüntetettek között (Burtron H. Davis szívességéből)

Amikor egy gáz adszorbeálódik egy felületen, a gázmolekulák több rétegben borítják be azt. A BET-egyenlet többréteges adszorpciót vesz figyelembe. Az első réteg a csupasz felületet borítja be, amit a Nobel-díjas felületkutató, Irving Langmuir megbízhatóan írt le. A molekulák második rétegének adszorpciója más természetű, mint az első rétegé. Az első réteg a molekulák és a csupasz felület kölcsönhatása révén alakul ki. A második felület az első réteg molekulái és a további gázmolekulák közötti kölcsönhatás révén. Az összes további réteg kialakulása a második réteg kialakulásához hasonlóan történik. Brunauer felismerése az volt, hogy a második és a további rétegek kialakulásában hosszú távú kölcsönhatások játszanak döntő szerepet, míg az első réteg kialakulásában rövid távú kölcsönhatások. Az adszorpció folyamatot a felületen érvényesülő gáznyomás irányítja, nem az éppen szóban forgó gáz milyensége, és ez teszi lehetővé, hogy a gáz természetétől független, általános érvényű egyenlettel írják le a többréteges adszorpciót. A BET-egyenletet évtizedekig sikerrel alkalmazták felületek meghatározására. Az eredeti egyenlet kiállta a próbát sok korszerűsített egyenlettel való összehasonlításban. Teller maga is próbálkozott javított egyenletekkel, és erre is vonatkozott a későbbi Nobel-díjas felületkémikus, Gerhard Ertl megállá-

pítása, aki szerint „a legtöbb esetben [...] a BET-egyenlet gyakorlati és elméleti szempontból egyaránt ugyanolyan jó modellként funkcionál, mint a legújabb egyenletek bármelyike” (Davis, 1991, 25.). Az egyenlet három megalkotóját 1969-ben a Clarkson Egyetem, Brunauer munkahelye, diszdoktori címmel tüntette ki.

Brunauer eredményei munkahelyi elismerést és pozitív nemzetközi visszhangot váltottak ki. Pearl Harbor japán megtámadását követően önkéntesként csatlakozott az USA Haditengerészetéhez. A fegyverellátási hivatal munkatársa lett, és megbízták egy, nagy hatásfokú robbanóanyagok kifejlesztésével foglalkozó kutatócsoport vezetésével. Kis létszámmal indult, de a háború végére több mint száz tagja lett a csoportnak. Olyan nagyszerű tudósokat is megnyert külsős szakértői munkára, mint Albert Einstein, George Gamow és Neumann János. Einstein nagyra értékelte a lehetőséget, hogy részt vehet a védelmi erőfeszítésekben, és haditengerészeti tanácsadóként alkalmazták – ez jelezte, hogy eltávolodott korábbi pacifizmusától. A háború végére Brunauer az amerikai haditengerészet hadnagyaként szolgált, több amerikai és nemzetközi kitüntetés, köztük a Brit Birodalom érdemrendje birtokosaként. Leszerelését követően polgári alkalmazottként robbanóanyagok kutatásával továbbra is segítette a haditengerészetet.

Brunauer és felesége sorsa 1950–1951-ben, a McCarthy-korszakban, az alaptalan vádak és meghurcolások idején negatív fordulatot vett. Esther Caukin a Külügyminisztérium magas rangú munkatársaként az Egyesült Államokat képviselte az UNESCO alapításában. Így vált a wisconsini republikánus Joseph R. McCarthy szenátor támadásainak kiemelt célpontjává a Külügyminisztérium alkalmazottai elleni alaptalan vádak részeként. Caukint végül felmentették a vádak alól, de a gyanútól nem tudott megszabadulni, pláne, hogy férje is támadások célkeresztjébe került. Caukint elbocsátották, és néhány év múlva meghalt. A Brunauer ellen felhozott vádak szerint fiatal korában tagja volt egy kommunista frontszervezetnek. Harminc napja volt a vádak megválaszolására, de a haditengerészet már közben lemondott a szolgálatairól. Több tanú is beszámolt a kommunizmust elítélő nézeteiről, de eredménytelenül. A vádak által okozott kárt nem lehetett semmissé tenni. A *The New York Times* első oldalán közölt cikke a következő címmel jelent meg: A Haditengerészet felfüggeszti a robbanóanyag-szakértőt; a Külügyminisztérium eltiltja a feleségét. A 16. oldalon a cikk címe így folytatódott: A haditengerészet fegyverszakértőjét eltiltották a munkától (*New York Times*, 1951, 1., 16.).

A közismerten kommunistaellenes Teller Ede Brunauer védelmére kelt. Korábban, a második világháborút követően Brunauer kezdeményezte Teller bekapcsolását a politikai közéletbe. Tellert első kongresszusi meghallgatására Brunauer javaslatára hívták meg. Erre 1946. február 1-jén került sor, és Tellert az atomenergiáról kérdezték. 1950 márciusában Brunauer Tellerhez fordult támogatásért, és Teller azonnal írt a Szenátus Fegyveres Testületek Bizottságának. Levelében Teller nemcsak Brunauert védte, de azt is kifejtette, hogy McCarthy vádaskodá-

sai óriási károkat okoznak az USA nemzetbiztonságának. Ezek a vádaskodások sok fontos tudóst eltántorítottak attól, hogy csatlakozzanak a szigorúan titkos hidrogénbomba programhoz. Teller hangsúlyozta, hogy McCarthy vádjait azután fogalmazták meg, hogy Brunauert és feleségét a megfelelő hatóságok már kivizsgálták és tisztázták. Teller súlyos megállapítással zárta levelét, amely szerint a megalapozatlan nyilvános vádak ugyanolyan mértékben árthatnak a fegyverkezési versenyben elfoglalt amerikai pozíciónak, mint a tényleges hűtlenség. Teller részéről ez bátor kiállás volt 1950 tavaszán, a McCarthy-tombolás korai szakaszában.

Brunauer lemondott haditengerészeti polgári állásáról, és a továbbiakban a Portland Cement Egyesületben hasznosította tudását és tapasztalatait a cement jellemzőinek javítására. 1965-ben végleg visszatért a tudományos életbe, amikor megbízták a mai Clarkson Egyetem Kémia Tanszékének vezetésével. Ugyancsak őt nevezték ki a Clarkson Egyetem újonnan létesített Kolloid- és Felületkémiai Intézete első igazgatójává. Kiválóan ötvözte korábbi adszorpciós tanulmányait és a cement tulajdonságaira vonatkozó kutatásait. A Clarkson Egyetem Kémia Tanszéke 1973-ban, tehát még Brunauer életében megalapította a Brunauer-díjat, amelyet azóta is évente kiosztanak. Brunauer 1961-ben újra megházasodott. Második felesége, Hunyadi Dalma (1924–2017) irodalomtörténész Budapesten született, 1949 és 1992 között az Egyesült Államokban élt, és utolsó éveit egy Kecskeméthez közeli idősek otthonában töltötte. Brunauerrel közösen írtak egy Kosztolányi Dezsőről szóló monográfiát (Hunyadi-Brunauer–Brunauer, 1983).

Brunauer végig megtartotta a magyar dolgok iránti érdeklődését, de az is érdekes kérdés, hogy Magyarország mutatott-e érdeklődést Brunauer sorsa és tevékenysége iránt. Közvetlenül a második világháború után, az 1945–1947-es rövid időszakban mutatkozott némi érdeklődés a nagy magyar emigráns tudósok iránt, akik hamarosan, a kommunista rezsim alatt évtizedekre nem létező személyekké váltak. De még 1946-ban megpróbálták elismerni az őt „marslakó” és Brunauer érdemeit. A tisztviselő, aki a hat tudóst egy csoportba sorolta, láthatóan jól tájékozott volt arról, hogy Brunauer milyen nagy értéket képviselt az amerikai haditengerészet számára. A magyar Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium tájékoztatta a József Nádor Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Tanácsát a washingtoni magyar nagykövetség közléséről. Ez azt javasolta, hogy a Műegyetem tüntessen ki tiszteletbeli doktorátussal az Egyesült Államokban élő hat magyar tudóst, „akik ott nagy tekintélynek örvendenek, és bizonyos mértékben az antiszemita rezsim nyomasztó légköre indította őket arra, hogy külföldön keressenek érvényesülést”.¹ A javasolt elismerések lassú ütemben haladtak, mi-

¹ A Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium 1946. május 23-i levele a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Tanácsához. BME Levéltár, Batalka Krisztina levéltáros szíves segítségével.

közben a politikai helyzet gyorsan romlott a kommunista diktatúra felé, és végül semmi sem jött ki ebből a próbálkozásból. Kármán Tódor 1962-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen, Wigner Jenő 1987-ben az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, Teller Ede 1991-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen kapta meg a dízdoktori kitüntetését. Szilárd Leó és Neumann János ilyen kitüntetés nélkül haltak meg, de később Magyarországon is elismerték őket. Brunauer István érdemeinek elismerésére szülőhazájában eddig nem került sor. Emlékezzünk rá születésének 120. és a BET-egyenlet publikálásának 85. évfordulója alkalmából.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS ÉS AJÁNLÁS

Köszönjük Burtron H. Davis (1934–2018) professzornak, hogy sok éven keresztül gyűjtötte a Brunauer Istvánra vonatkozó adatokat, és bennünket időről időre, levelezéssel vagy személyesen tájékoztatott gyűjtésének eredményeiről. Burtron H. Davis Paul Emmett tanítványa volt, és a Kentucky Egyetem energiakutató központjában dolgozott. Halála akadályozta meg abban, hogy befejezze régóta tervezett Brunauer-monográfiáját. Cikkünket az ő emlékének is ajánljuk.

IRODALOM

- Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller, E. (1938): Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society*, 60, 309–3129. DOI: 10.1021/ja01269a023, <http://www.cchem.berkeley.edu/cbe150b/docs/ads/BET%20Paper.pdf>
- Davis, B. H. (1991): B, E, & T: The Scientists behind Surface Science. *CHEMTECH*, January, 19–25.
- Davis, B. H. (1995): Brunauer, Emmett, and Teller: The Personalities behind the BET Method. *Energeia*, 6, 1, 1, 3–4.
- Hargittai B. – Hargittai I. (2016): *A marslakók bölcsessége*. (ford. Hargittai B., Hargittai I.) Budapest: Akadémiai Kiadó (eredetileg *Wisdom of the Martians of Science*. Singapore: World Scientific, 2016)
- Hargittai I. (2006): *Az öt világformáló marslakó*. (ford. Hargittai I.) Budapest: Vince Kiadó (eredetileg *Martians of Science: Five Physicists Who Changed the Twentieth Century*. New York: Oxford University Press, 2006)
- Hargittai I. (2011): *Teller*. (ford. Gács J.) Budapest: Akadémiai Kiadó (eredetileg *Judging Edward Teller: A Closer Look at One of the Most Influential Scientists of the Twentieth Century*. New York: Prometheus Books, 2010)
- Hargittai I. (2016): Polányi Mihályra emlékezve 2016-ban. *Magyar Tudomány*, 177, 10, 1228–1236. <http://www.matud.iif.hu/2016/10/08.htm>
- Hunyadi-Brunauer, D. H. – Brunauer, S. (1983): *Dezso Kosztolányi*. (*Veröffentlichungen des Finnisch-ugrischen Seminars an der Universität München*. Reihe C: Miscellanea 15) München: Marx Gy. (2000): *A marslakók érkezése – Magyar tudósok, akik Nyugaton alakították a 20. század történelmét*. Budapest: Akadémiai Kiadó

- The New York Times* (1951a): Navy Suspends Explosive Expert; State Department Then Bars Wife. 11 April 1951. 1. <https://www.nytimes.com/1951/04/11/archives/navy-suspends-explosives-expert-state-department-then-bars-wife.html>
- The New York Times* (1951b): Navy Arms Expert Barred from Job. 11 April 1951. 6.
- Teller, E. (1983): The History of the BET Paper. In: Davis, B. H. – Hettinger, W. P., Jr. (eds.) *Heterogeneous Catalysis. Selected American Histories. (ACS Symposium Series Vol. 222)* Washington, DC: American Chemical Society, 227–231.